

補助事業プレゼンテーション資料

プレゼンテーション1

東京工業高等専門学校

元教授 黒崎 茂

補助事業名
～ピエゾフィルム利用ひずみ可視化研究補助事業～

プレゼンテーション2

東洋大学

准教授 高橋良至

補助事業名
～リハビリテーション用自転車シミュレータ補助事業～

プレゼンテーション1

補助事業名

～ Piezofilm 利用ひずみ可視化研究補助事業～

東京工業高等専門学校

元教授 黒崎 茂

平成23年度補助事業 自己評価書

番号	23-166
項番	1/1

補助事業者名	黒崎 茂		
補助事業名	平成23年度(研究補助) ピエゾフィルム利用ひずみ可視化研究補助事業	事業項目名	

1. 社会的課題と補助事業の関係整理

社会的課題 (最終目的)	状況	高齢化したインフラ、特に寿命を迎える橋梁は、2010年代から急増している。このような老朽化した大型構造物の安全性を確保するために、簡易的な非破壊検査手法が要望されている。橋梁他、老朽化した機械構造物の安全確保のため本事業を立ち上げた。
	補助事業で解決・改善を目指す	橋梁は、自動車が通ると動的な繰返し荷重をうける。橋梁の構造部材に生じた「動ひずみ」の大きさを、 piezo の特性を生かした技術で簡易的にわかる。本研究で開発した技術を使い、危険箇所が簡単にわかり補修に着手でき事故を未然に防ぐことができる。

補助事業	目的 (中間目的)	動的繰返し荷重を受けた材料中に生じている動ひずみを簡単に色表示することができれば、材料の負荷状態を知ることができ、安全性確保に役立つことができる。このようなことから piezo フィルムを使って、動ひずみの大きさによって色が変わるフィルムの開発を試みた。
	受益者	非破壊検査従事者、機械構造物保守点検事業者
	実施内容	従来ひずみ測定は、ひずみゲージを使用して定量的に測定するのが主流である。本研究は、ひずみを色で定性的に表示しようと試みた研究である。高分子系 piezo フィルム(ポリフッ化ビニリデン)を被測定物に貼り付けその電圧を増幅して熱に変換する。生じた熱に応じてマイクロカプセルを含んだ感温液晶マイクロカプセルフィルムで色表示することを試みた。実験は、鋼の平板試験片に piezo フィルムを貼付け、繰返し荷重を加える。上記に示した方法でひずみを可視化した結果、色変化を示すことができた。
	結果・成果	定性的にひずみを知りたい場合は、本研究で開発したフィルムを使いひずみ値がわかる。どの程度のひずみが発生しているか、このフィルムを使い知ることができる。ただし現段階では、piezo アンプを使用しなければならない。今後 piezo アンプ無しのフィルムの開発が待たれる。

2. 補助事業の実施状況、結果等を振り返り、補助事業全体を総合的に評価

事業全体の総括的感想	高分子系 piezo フィルムの特性は、入力(力)に対応しての出力(電圧)の線形性が非常に優れている点である。この特性を利用して熱変換を今回行って可視化に結びつけた。熱変換には、やはり piezo アンプが必要であった。piezo アンプ無しで本研究が初期の目標を達成できたならば、実用化は間違いない。熱変換でなく、他の方法を探してみたい。そのためには、時間が必要になる。piezo で発生した表面電位分布を、何らかの方法で表示する技術は、必ずや他にあるはずである。今後は、新たな方法で挑戦する予定である。
今回の事業で、優れていると評価できる点	【実績】 従来橋梁等の構造部材に発生した繰返し動ひずみを、簡単に色で何マイクロストレインとして表示することに成功した点が、今回の事業で優れていると評価できる。さらにこのフィルムを使うことにより欠陥検出が可能であること、応力集中部などのひずみ分布を色で表示することが可能になった点である。 【理由】 従来この種の技術は、無かった。本研究が初めて実現させた技術である。従って、非破壊検査協会のような専門学会で学生が発表することにより、各種の賞を獲得した点からもわかる。
今回の事業の課題、改善すべきと思われる点	【実績】 piezo フィルムの出力電圧が足りないために、ポリイミドフィルムに所定の大きさの熱を発生させることができなかった。そのために、piezo アンプを使用せざるをえなかった。課題として、piezo フィルムの表面電位を直接色表示もしくは、piezo アンプ無しで、なんらかの表示をする必要がある。 【理由】 piezo アンプ無しで、piezo フィルム単独で色変化もしくは他の方法で可視化できないと、計測が簡単化できない。現在熱を使って色表示をしているが、他の方法を模索する必要がある。
事業実施で得ることができた教訓(知識・知見)、その他アピールしたい点	従来に無い、動的な繰返し荷重が作用した時の部材の動ひずみを、piezo フィルムを応用して可視化に成功したのは、高専の学生たちのたゆまない努力の賜である。大学生と同じ土俵で、高専学生が、本研究テーマで学会賞を獲得したことは、高専学生の力が大学生と同等であると考えてよい。高専制度は、日本の教育制度(6+3+3+4)制と異なり(6+3+5)である。専攻科までを含めると(6+3+5+2)である。この種の教育制度下での教育機関で、今回の研究が実を結んだことを、研究代表者として誇りに思いたい。高専生は、ロボコンばかりでなく、このような地味な研究でも実力を発揮できることが証明できたと思う。

piezofilmを用いた動ひずみの可視化フィルムの開発*

黒崎 茂^{*1}, 原亜三都^{*2}, 吉田 顕大^{*3} 新國広幸^{*4}

Development of the Visualizing Film for Dynamic Strain Using Piezoelectric Polymer Film

Shigeru KUROSAKI^{*1}, Amito HARA, Akihiro YOSHIDA and Hiroyuki NIKKUNI

^{*1} Tokyo National College of Technology Dept. of Mechanical Eng.,
Kunugida 1220-2, Hachioji-shi, Tokyo, 193-0997 Japan

It will be easily possible to evaluate the magnitude of strain by simply observing the color of a film, if there is a film whose color is changed by the dynamic strain. In this study we attempted to visualize strain by developing a film whose color changes with the magnitude of its strain. Strain visualization can be realized by converting the voltage produced by a piezoelectric polymer film to heat and converting this heat to color change. We experimentally developed three types of strain visualization film combining piezoelectric polymer, polyimide and thermosensitive films. The polyimide film converted voltage to heat and the thermosensitive film converted heat to color change. The piezoelectric polymer film generated voltage, when cyclic strain was applied. We attached one of the films to a test piece and carried out cyclic applied load experiments. The piezoelectric film generated small electric current. Therefore we installed a piezo amplifier into the system. We found that it was possible to visualize strain using a piezo amplifier, and piezoelectric polymer, polyimide and thermosensitive films.

Key Words :Stress-Strain Measurement, Experimental Stress Analysis, Piezo Film, Dynamic Strain, Strain Gauge, Experimental Mechanics, Stress Concentration, Nondestructive Inspection, Strain Visualization

1. 緒 言

近年、非破壊検査手法として赤外線サーモグラフィによる応力測定法が、精力的に研究され現場で使用されている⁽¹⁾。しかし実用的に非破壊検査に使用できる赤外線サーモグラフィカメラは、高価なために一般的に簡単に使用できないのが実状である。そこでカメラ無しでも定性的に、ひずみの大きさを色変化でとらえる簡易的な方法があれば、現場で簡単に使える非破壊検査方法として有効である。しかし特殊カメラを使用せずに、この種のひずみの大きさに比例して色変化をする簡易技術は、まだ開発されていないのが現状である。この種の簡易的に定性的なひずみ検出技術は、従来あるひずみゲージによる定量的なひずみ測定技術と併用することにより、構造物の安全性確保に大きく役立つ非破壊検査技術と考えられる。

本研究は、上記のように赤外線サーモグラフィカメラを使用せずに、定性的に動ひずみの大きさをフィルムの色変化で捉える方法を考案し試作を行った。着目したフィルムとしては、高分子系 piezofilm であるポリフッ化ビニリデンフィルム (Polyvinylidene Fluoride, 以下略称 PVDF フィルム) である。PVDF フィルムは、薄さが数十マイクロメートルと非常に薄く、被測定物に貼付けてひずみゲージとして使用することも可能である⁽²⁾。さらに任意の形状に切り出して、使用することも可能である。

piezofilm である PVDF フィルムは、加振すると電圧を自ら発生する圧電性を有する。この発生電圧を熱に変換し、さらに発生した熱を色変化することを試みた。すなわち、一定繰返し動ひずみに比例して電圧を発生させ、電圧に比例して発熱させることで、ひずみ変化に応じた色変化が生じる。PVDF フィルムを貼付けた試験片の加振領域としては、材料の弾性領域内で一定繰返し負荷することを前提とする。以上の原理でひずみの可視化フィルムの試作を行い、試作フィルムを用いて実験を行ったので報告する。

* 原稿受付 2011 年 10 月 31 日

^{*1} 正員, 東京工業高等専門学校 (〒193-0997 東京都八王子市櫛田 1220-2)

^{*2} 東京工業高等専門学校 機械情報システム工学専攻

^{*3} 正員, 東京工業高等専門学校 機械工学科 (現 大和製罐(株))

^{*4} 東京工業高等専門学校 電気工学科

E-mail: kuro_s@cameo.plala.or.jp



2. 試作ひずみ可視化フィルム

動ひずみに比例した電圧を生じ、電圧供給側ピエゾフィルムとしてポリフッ化ビニリデン (PVDF フィルム) を用いた。PVDF フィルムは、ひずみに比例して電圧を発生する。次に発生した電圧を利用して、電圧を熱に変換するフィルムを利用した。この熱発生フィルムとして、ポリイミドフィルムを使用した。次に生じた熱を可視化するために、感温液晶マイクロカプセルフィルムを用いた。実験では、PVDF フィルムを試験片に直接張り付け、繰返し負荷を与えることで、ひずみ幅に応じた電圧を発生させる。この電圧をポリイミドフィルムに供給し、ひずみを熱へと変換する。さらに、ポリイミドフィルム上に感温液晶マイクロカプセルフィルムを貼り付け、温度場を可視化する。

以上のプロセスで実験を行っていたが、初期段階ではポリイミドフィルムが発熱をしなかった。そこでピエゾアンプを使用することにより、ポリイミドフィルムが発熱するまで発生電圧を増幅した。ピエゾアンプを含めた最終的な複合フィルムの構成を図1に示す。実際に試作した複合フィルム写真を図2に示す。

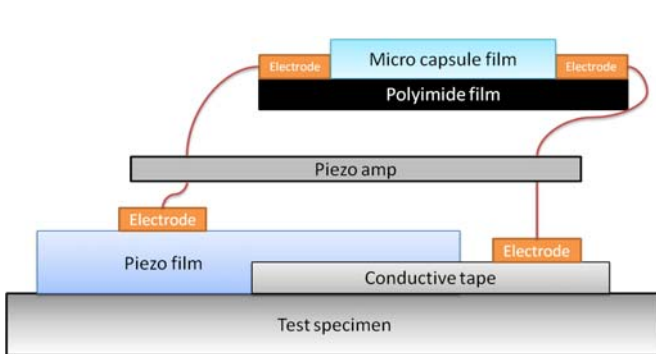


Fig.1 Structure diagram of developed visualizing film

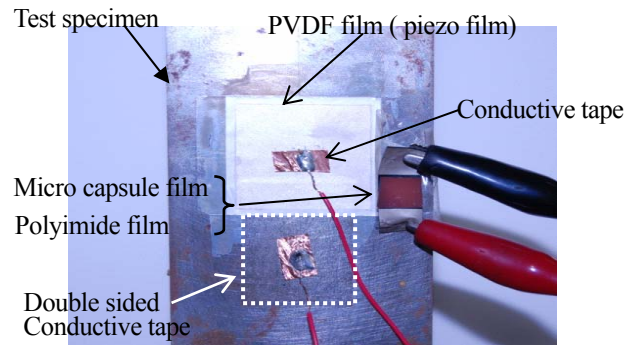


Fig.2 Photo. of developed film.

3. 使用フィルム

3・1 ピエゾフィルム (ポリフッ化ビニリデン)

本研究で使用したピエゾフィルムは、市販の高分子圧電フィルム (ポリフッ化ビニリデン⁽³⁾・略称 PVDF) である。PVDF フィルムは、圧電方向に力を加えると、その上下面間に電位差 (電圧) を生じ電圧を生ずる。しかし出力される電流は非常に微少である。表1に PVDF フィルムの特性と図3に市販フィルムの写真を示す。

Table 1 Properties of PVDF film⁽³⁾

	Thickness	Density	Young's modulus	Tensile strength
unit	μm	$\times 10^3\text{kg/m}^3$	GPa	MPa
Value	28	1.78	2	140~210

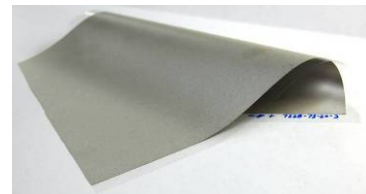


Fig.3 Piezoelectric polymer film sheet

3・2 ポリイミドフィルム

本研究で用いるポリイミドフィルム (東レ・デュポン (株) 製 Kapton®200RS100⁽⁴⁾) の構造を図4に、外観を図5に示す。図5中の両縁白色部分が電極で、黒色部分が発熱部である。フィルムは、電圧を供給すると面状発熱する。この特性を用いピエゾフィルムの圧電効果と組み合わせ、ひずみを熱へと変換する方法を考案した。フィルムの厚さは $50\mu\text{m}$ である。

3・3 感温液晶マイクロカプセルフィルム

熱を可視化する手法として、本研究では感温液晶マイクロカプセルフィルム (株式会社日本カプセルプロダクツ製・RW-32S⁽⁵⁾) を用いた。本フィルムは、予め設定された範囲の温度場に対し、封入されているマイクロカプセルが温度の上昇に従って4~5段階の色変化を起こす。今回使用した RW-32S は、 $29.5^\circ\text{C} \sim 36.0^\circ\text{C}$ の範囲で、赤→緑→青と変色する。人間の体温に反応するような温度範囲で表示できるタイプであり、図6は、一例として人間の手を押しつけた時の写真である。

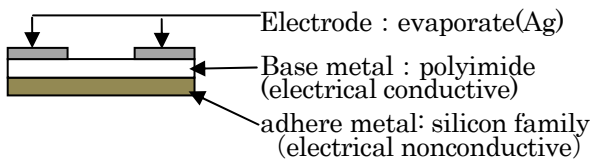


Fig. 4 Structure diagram of polyimide film ⁽⁴⁾

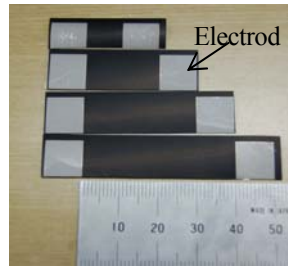


Fig.5 Photo. of polyimide film

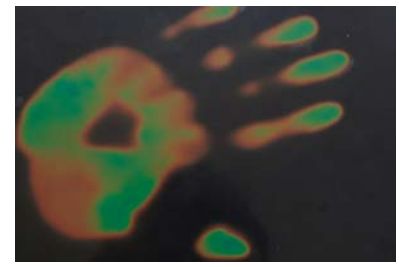


Fig.6 Photo. of microcapsule film

4. 実験方法

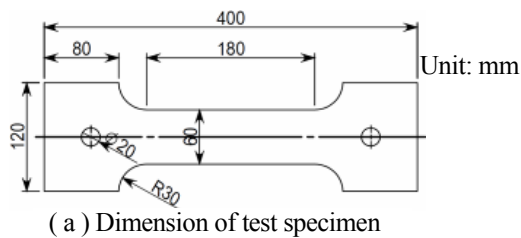
実験は、各々のフィルムの特性を調べるため以下の実験を行った。①ピエゾフィルム単体の出力電圧特性実験、②ポリイミドフィルム単体の発熱特性の確認実験、③マイクロカプセルフィルムをポリイミドフィルム単体と組合せての発色実験、④複合フィルムの発色特性実験をそれぞれ行った。

①は図7に示す試験片(板厚 3.2mm,冷間圧延鋼板 spcc 材)に PVDF フィルムとひずみゲージ (G. L. 30mm) を貼り、疲労試験機(容量 100kN)を用いて繰返し負荷試験を行った。出力電圧はオシロスコープで計測した。

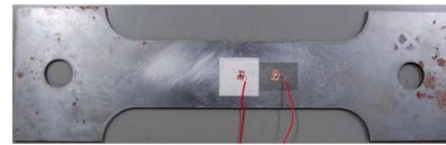
②の発熱の確認は、加振せずに定電圧電源で電圧を供給し、その際の発熱を熱電対式温度計で温度を計測した。

③は、ポリイミドフィルムの上にマイクロカプセルフィルムを貼付け、定電圧電源を用いて電圧を供給して発色する色変化を調べた。

④は、試作複合フィルム(図1)を試験片に貼付け、疲労試験機を用いて繰返し負荷試験を行った。負荷周波数 (fn) は、10Hz で行った。その際、ピエゾアンプ(東京センサー製)を利用した。使用試験片を図7に示す。



(a) Dimension of test specimen



(b) Photo. of test specimen with piezoelectric film

Fig.7 Test specimen

5. 実験結果および考察

5・1 ピエゾフィルム単体の出力電圧特性実験

前章で示した実験①の実験結果を示す。すなわちピエゾフィルム単体を図7に示す試験片に貼付け、疲労試験機を使い正弦波の繰返し負荷試験を行った。試験片には、平均応力 σ_m として 62.6MPa を与え、応力振幅 σ_a を変えることで試験を行った。この時の試験片に与えた応力振幅に対するピエゾフィルムの出力電圧の振幅、およびひずみ振幅との関係を図12(a)に示す。負荷周波数は 10Hz で一定とした。ピエゾアンプの増幅感度を 0, 10, 20dB として変化させた。図より、応力振幅に対してフィルムの出力電圧が比例して発生しているのがわかる。ひずみゲージ値も比例して増加するのがわかる。

5・2 ポリイミドフィルム単体の温度特性実験

ポリイミドフィルム単体へ、定電圧電源を用い電圧を供給し、入力電圧に対する温度上昇の確認実験を行った。ポリイミドフィルムは、電極間の距離により発生温度が変化する。そのため電極間距離を変化させた。実験より図8に示す結果が得られた。ポリイミドフィルムの電極を①蒸着電極と②導電テープ電極との2種類で比較した。導電テープの電極間距離 1mm は急激な温度上昇がみられた。全体的には電圧を加えると、温度上昇カーブは、双曲線を描きながら上昇していきことがわかった。図8から蒸着電極(Vapor deposition electrode)を用いると温度のばらつきが小さいことから蒸着電極を選択した。

5・3 感温液晶マイクロカプセルフィルムの特性実験

図9は、マイクロカプセルフィルムを予めポリイミドフィルムと重ね合わせ、ポリイミドフィルム側に定電圧電源を用いて電圧を供給している図である。

図10は、その際にフィルムが、変色した写真である。電圧を供給すると4段階の色変化を生ずることがわかる。図11は、本研究で使用したマイクロカプセルフィルムのメーカー⁽⁵⁾が、表示しているフィルムの温度と色の関係を参考に示したものである。

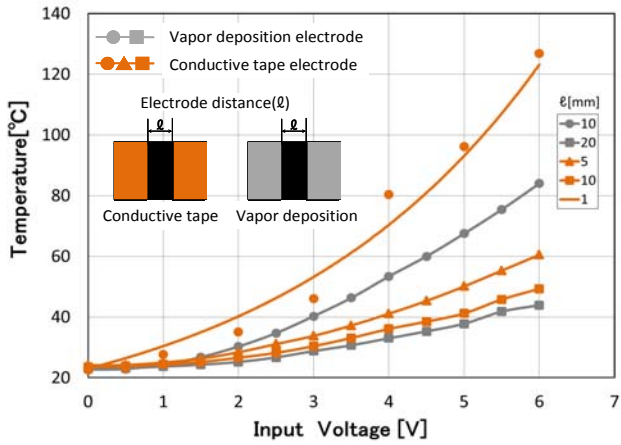


Fig.8 Input voltage vs. temperature (polyimide film)

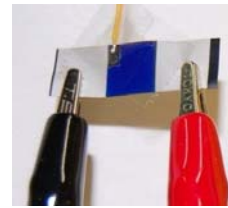


Fig.9 Photo. of the micro capsule film on the polyimide film



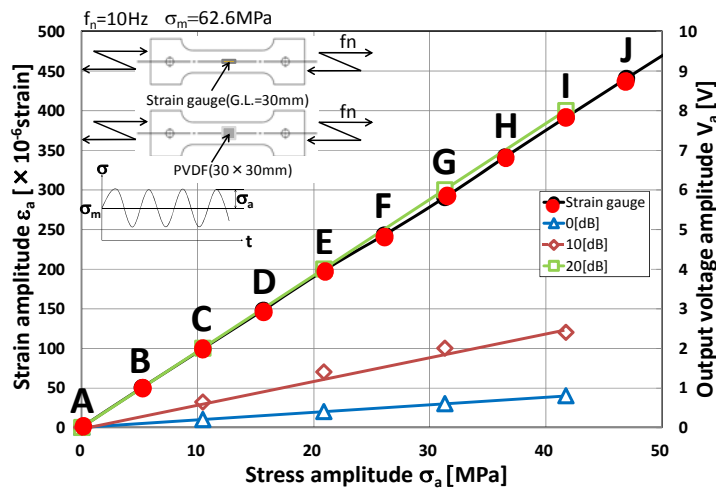
Fig.10 Color change of the micro capsule

Color				
Temperature	29.5	31	32	36

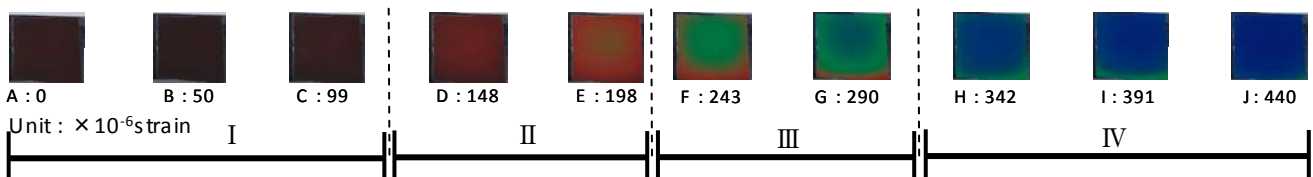
Fig.11 Temperature (degree) and color variation for the micro capsule film by sample sheet (RW-32S)⁽⁵⁾

5・4 複合フィルムの可視化実験

試験片に試作した複合フィルムを貼り、加振実験を行った。ピエゾフィルムからの出力電流が微弱なため、ポリイミドの発熱がポリイミドフィルムの変色させるほど充分ではなかった。そのためピエゾアンプを用いピエゾフィルムから出力される電圧を、増幅して補正を加えた。ピエゾアンプの増幅感度を0, 10, 20dBの3段階に設定した。図12(a)の実験結果は、負荷応力振幅 (σ_a) におけるひずみゲージ値と、ピエゾアンプを介したフィルムの出力電圧を表した。



(a) Relationship between the stress amplitude and the strain amplitude, the output voltage amplitude



(b) Color change of the micro capsule film

Fig.12 Output voltage of a complex film and strain of strain gauge and color variation for the position (A~J)

図 12(a)では、複合フィルムの撮影ポイントA～J点をひずみゲージ値上に示した。撮影ポイントA～J点の複合フィルムの色変化図を図 12(b)に示した。図 12(b)は、増幅感度を 20dB としたときのフィルムの色変化過程を示した。さらに図 12(b)のA～Jの色変化図は、点線で区切った4区間（ひずみ値間隔をI～IVの表示）に分類にできる。このことからフィルムの示している色がわかれば、生じているひずみ振幅が近似的にわかる。このように色でひずみの概略値を知るセンサーは、従来の定量的なひずみ測定法（例としてひずみゲージ法）と併用することで現場に役立つことが考えられる。

図 12(b)の4区間に分類した色は、図 10 に示した定電圧電源で電源供給して発色させた4段階の色変化図と同じ色変化過程を示している。図 10 の時の供給電圧は、1~2.2V で発色している。図 12(a)でピエゾアンプの増幅感度 0, 10 dB で電圧は、最大 2~3V 生じているが、試作フィルムは鮮明な発色をしていない。増幅感度 20dB に増幅して鮮明な発色が得られた。この原因として、以下のことが考えられる。①図 10 は、定電圧電源を用いた電圧供給で安定した直流電圧を供給しているが、ピエゾフィルムによる加振電圧供給は繰返し電圧波形であるため、と考えられる。②ピエゾフィルムの発生電圧を、色変化にするまで3段階の過程を踏むことから伝達する際の効率、途中で低下してしまう。これらは、今後の課題と言える。

6. 結 言

高分子系ピエゾフィルム（ポリフッ化ビニリデン）、ポリイミドフィルム、感温液晶マイクロカプセルフィルムの3種のフィルムを用いて、ひずみの可視化複合フィルムの試作を行った。原理として以下の方法で行った。すなわちピエゾフィルムを一定の周波数（10Hz）で加振し、電圧を発生させる。次に発生させた電圧に比例してポリイミドフィルムを発熱させる。最後に生じた熱を感温液晶マイクロカプセルフィルムで色表示する可視化を試みた。本実験の範囲で以下の結論が得られた。

- (1) 3種類のフィルムの個々の特性を、実験により明らかにした。
- (2) 3種類のフィルムのみでは、発熱が生じない。ピエゾアンプを用いてピエゾフィルムの増幅感度をあげるにより、発熱変色させることができる。
- (3) ピエゾアンプによる増幅感度 0, 10, 20dB において、ピエゾフィルムの出力電圧は 20 dB が最も大きく、試作フィルムの発熱変色は 20 dB を使うことにより得られる。
- (4) 試作フィルムは、明瞭な色変化が4区間に分けられる。4区間の概略ひずみ振幅値は、フィルムの色からそれぞれ示すことができる。

ピエゾアンプを介さないフィルムのみによる自立型可視化フィルム実験は、ピエゾフィルムからの出力電流が微少であったために可視化には至らなかった。今後の課題である。同時に取り付けられたピエゾフィルムへの負荷周波数によっては、ピエゾフィルムの出力電圧が異なることから今後詳細に周波数の影響も調べる必要がある。

謝 辞:本研究は、財団法人 JKA のオートレース補助金の平成 23 年度補助を受けた。記して財団法人 JKA に対して謝意を表します。

文 献

- (1) 阪上隆英, 和泉遊以, 久保司郎, “赤外線サーモグラフィによる橋梁の非破壊試験技術”, 非破壊検査, Vol.60, No.6, (2011), pp.309-314.
- (2) 黒崎茂, “高分子圧電フィルムを用いたひずみ測定法”, 非破壊検査, Vol. 59, No.7, (2010), pp.318-323.
- (3) 株式会社東京センサピエゾテクニカルセンター, ピエゾフィルム, (2000), pp.4-18.
- (4) 東レ・デュポン株式会社, 片面導電タイプポリイミドフィルム Kapton®200RS100, (2009), pp.3-5.
- (5) 株式会社日本カプセルプロダクツ, 感温染料カプセル, <http://www.japancapsular.com/products/index.html>
(参照日 2011 年 10 月 21 日)

ピエゾフィルム利用ひずみ可視化研究

23-166 補助事業報告

前 東京高専 黒崎 茂

1. 研究背景

- ①金属疲労について
- ②破壊の恐ろしさ(落橋事故 例 米国)
- ③多数の疲労き裂の発生(橋梁 例 日本)
- ④目視で部材の強度を事前に知る道具があれば

2. 研究目的

ピエゾフィルムを用いて「動ひずみ」を可視化可能にするフィルムの開発

3. ピエゾフィルムとは

4. 試作した可視化フィルムについて

5. 試作可視化フィルムを用いた実験、結果、考察

6. 結論と今後の実用化について

研究背景：橋梁の破壊事故（米国）の恐ろしさと、き裂発生 （NHK2008年放映「橋は大丈夫か」）

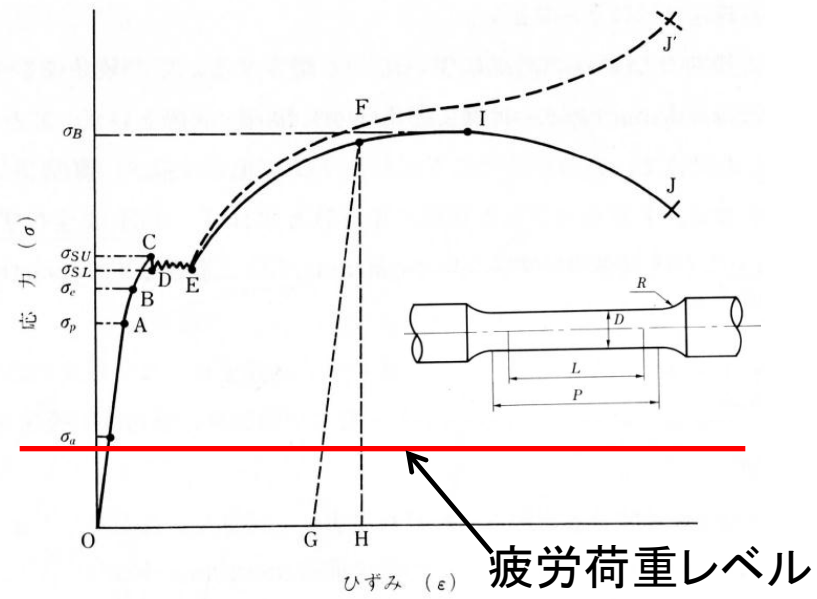


10 研究背景：老朽化した橋梁のき裂

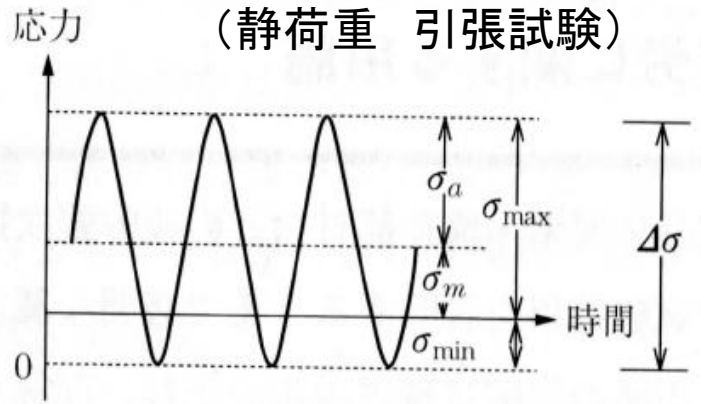
(NHK2008年放映「橋は大丈夫か」)



金属疲労とは



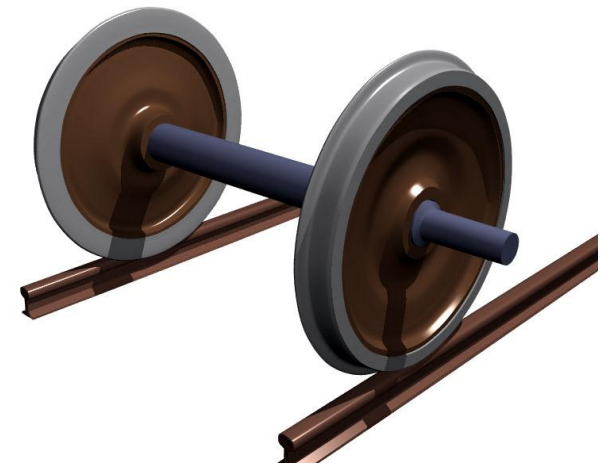
軟鋼の応力ひずみ線図
(静荷重 引張試験)



繰返し荷重の波形
(動荷重 疲労試験)

(a) 応力波形

金属疲労研究 鉄道車軸 ドイツの鉄道技師 ウエーラ(Wohler 1819-1914)

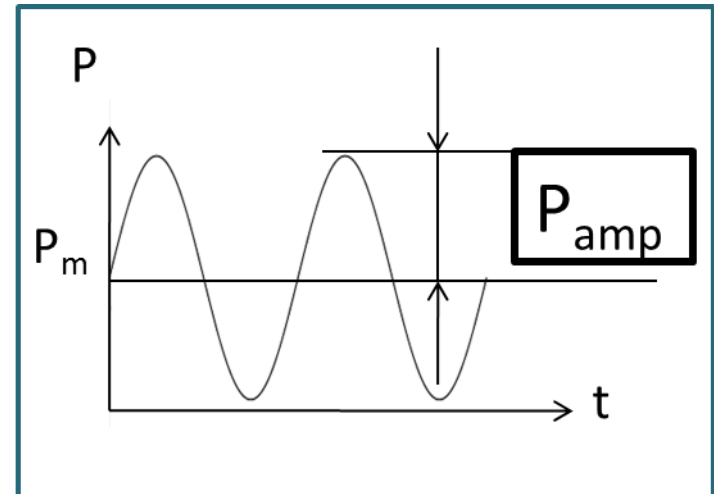


実験室内での疲労実験装置

電気油圧サーボ式疲労試験機



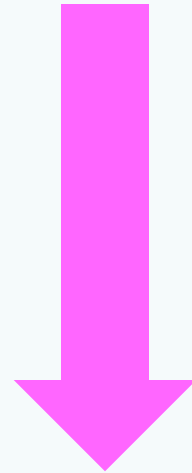
CT試験片



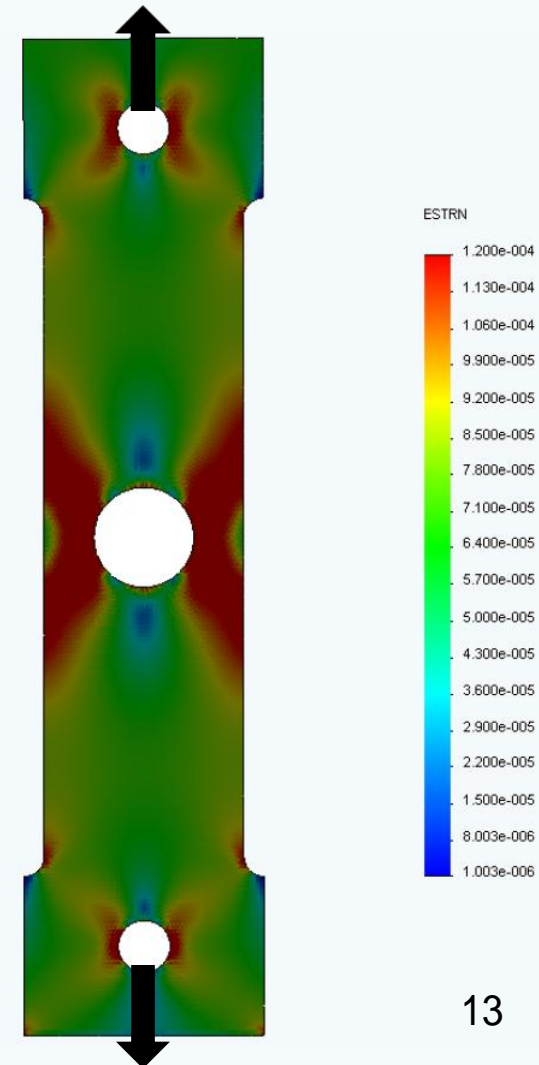
荷重波形

圧電(ピエゾ)素子の性質に着目

コンピュータシミュレーション

物理量を
光学的に把握

ひずみの可視化

フィルムを使用したひずみの可視
化センサー → 可能か？

14 ピエゾフィルム(高分子系)



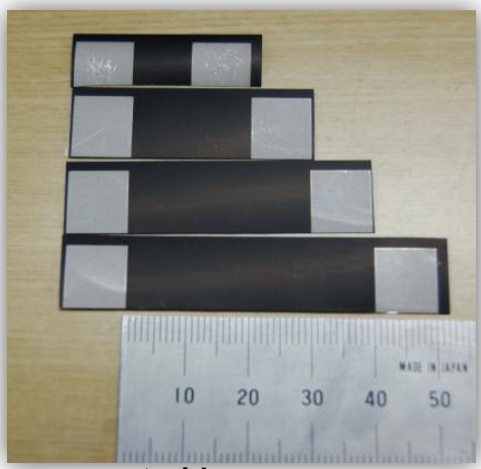
市販ピエゾフィルムシート(A4版)

動ひずみを色で表示するフィルムの開発

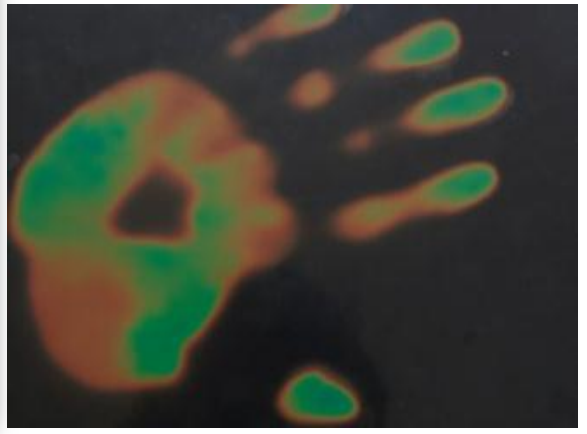
15



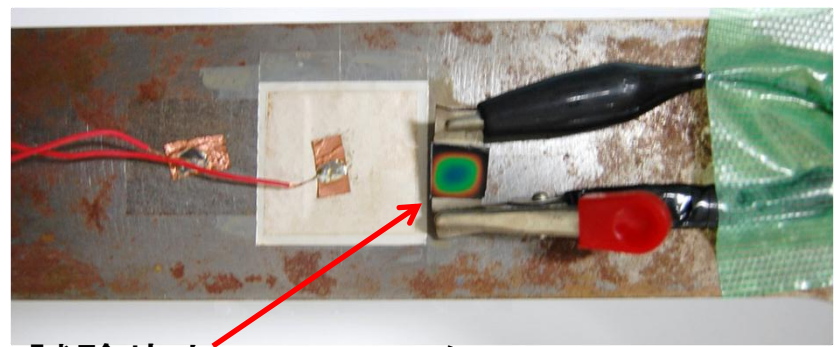
ピエゾフィルム



発熱フィルム

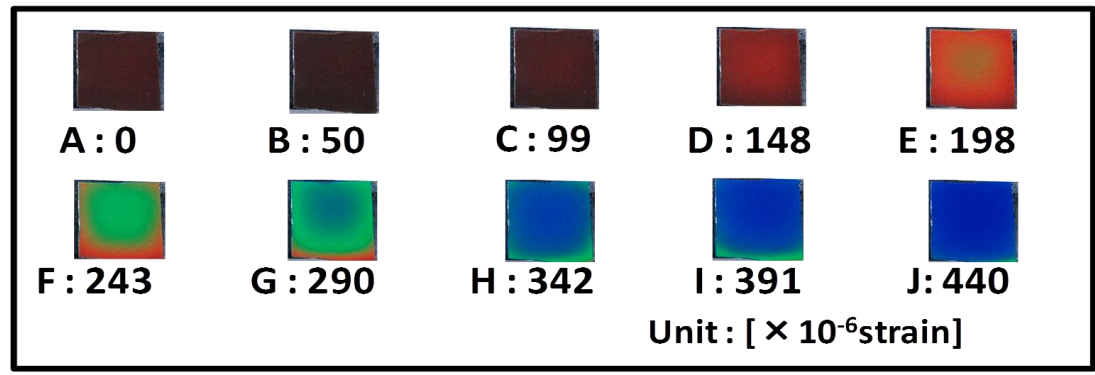


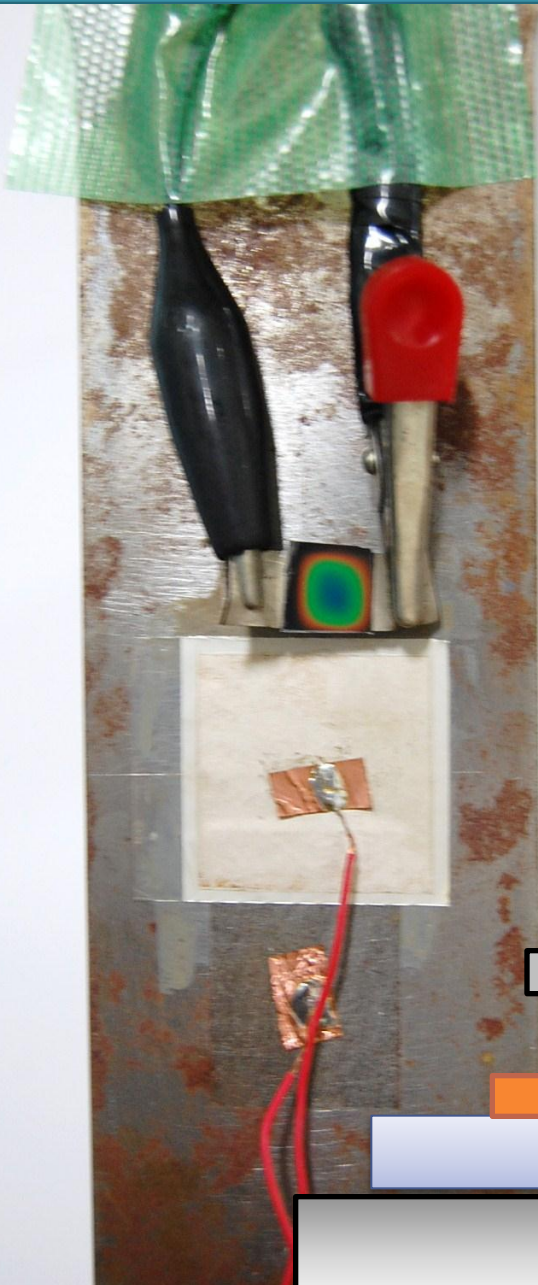
感温液晶フィルム



試験片上でのフィルム

ひずみの色表示(A~J:ひずみ値)





ピエゾフィルム

接続

複合可視化フィルム

電極

Micro capsule film

電極

Polyimide film

Piezo amp

電極

Piezo film

両面導電テープ

電極

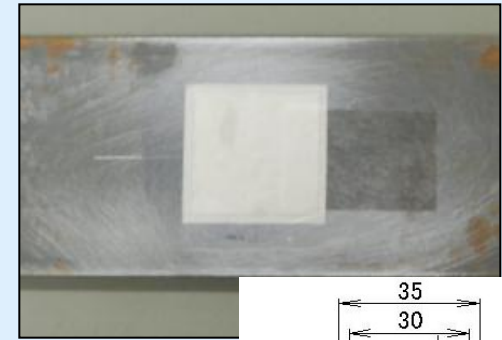
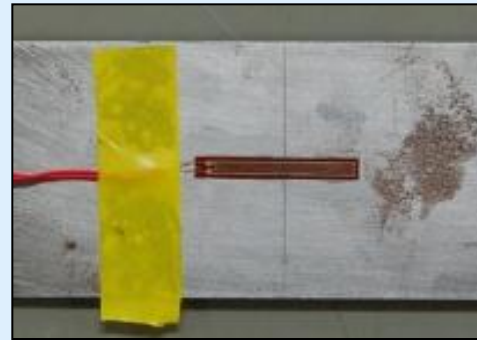
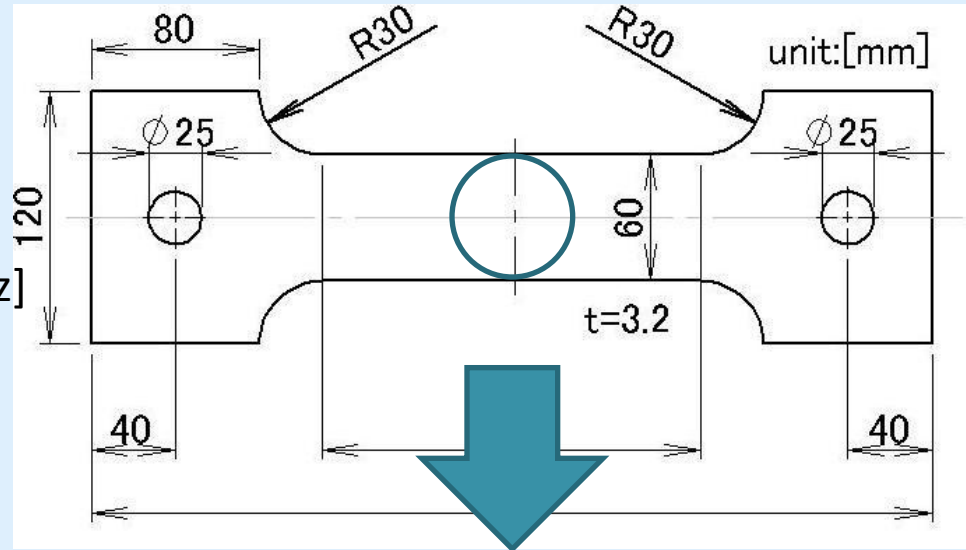
試験片

I₁₇ : 可視化実験の様子

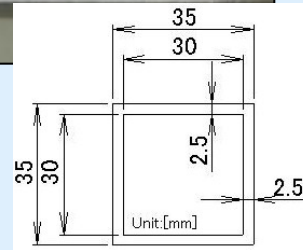
鷺宮製電気油圧サーボ疲労試験機



$f_n=10[\text{Hz}]$

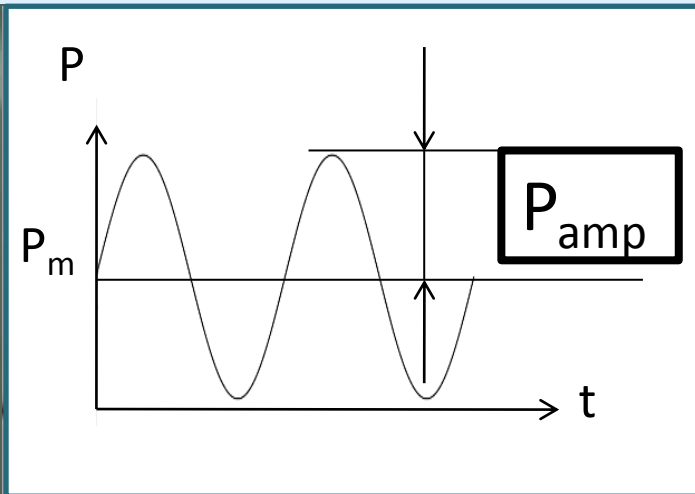


G.L 30[mm]

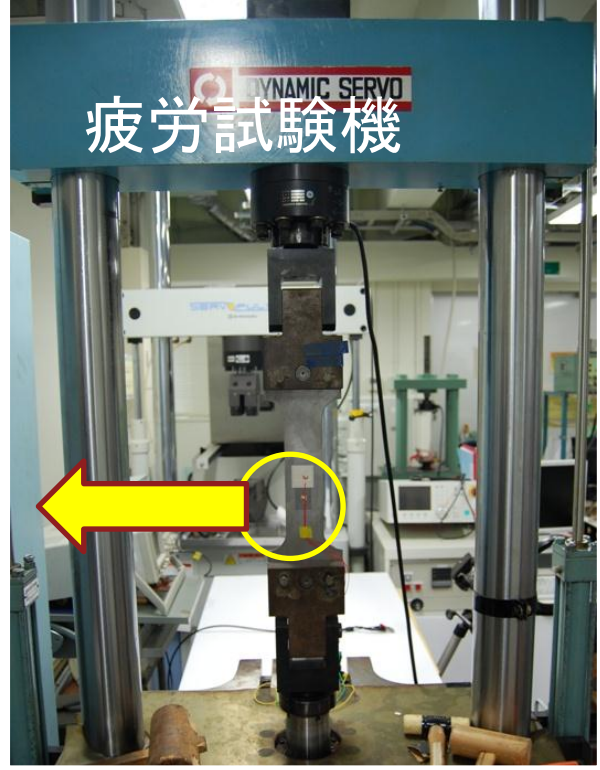
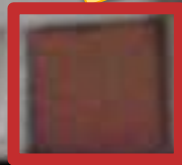


ひずみと電圧の値

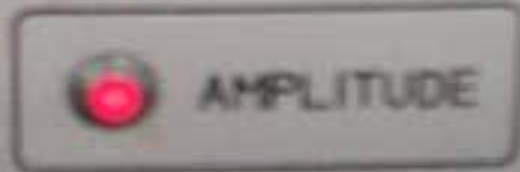
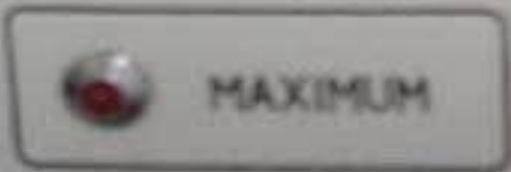
18 Ⅱ. 可視化実験の様子



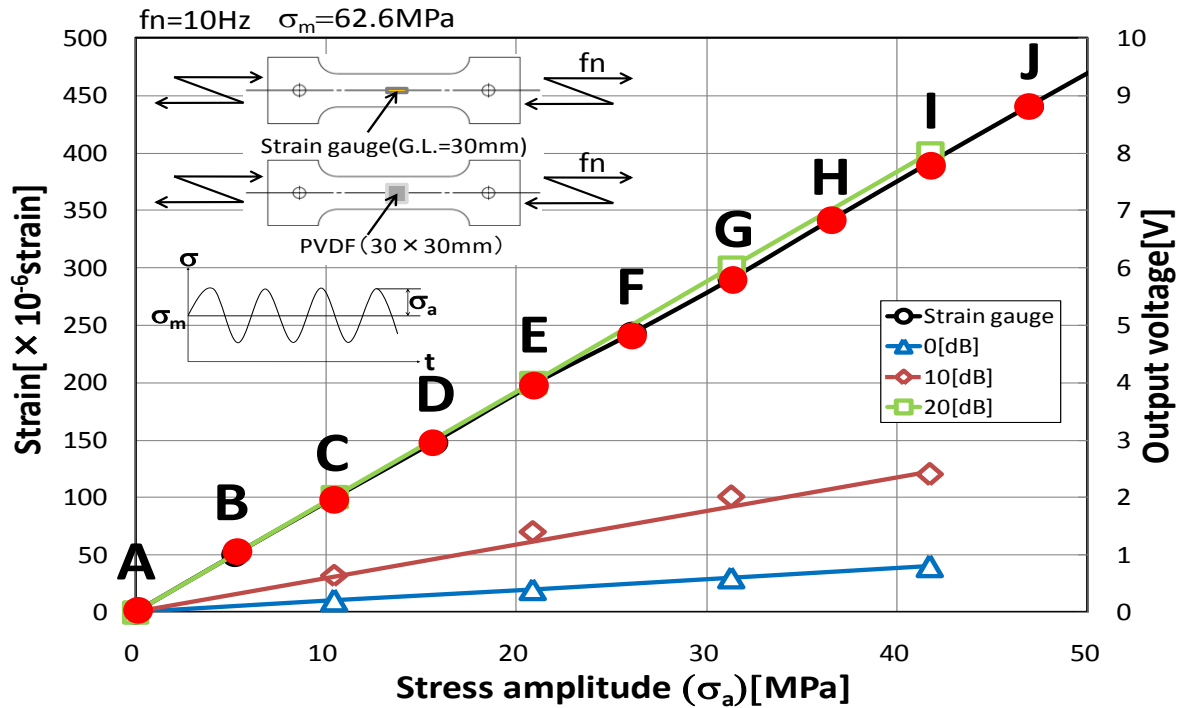
感温フィルム



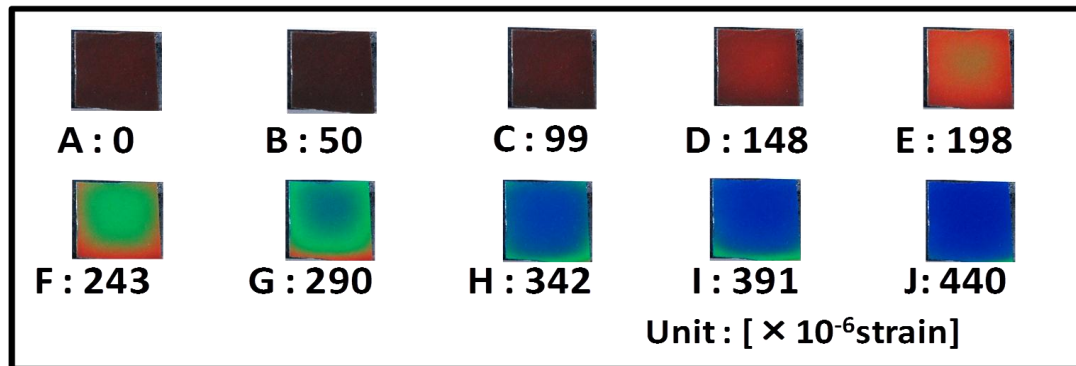
$P_{amp} =$



可視化フィルムの実験結果



試験機により試験片に加わる応力



ひずみと色変化

- 動ひずみの大きさによって色変化表示できるフィルムの開発（繰返し荷重下）
- 開発フィルム
 - ①高分子系ピエゾフィルム＋②ポリイミドフィルム＋③感温マイクロカプセルフィルム
- 繰返し荷重下での色変化を実現
- 今後 → ピエゾアンプ使用無しでのフィルムの開発（理想：自己発色フィルムの実現）

プレゼンテーション2

補助事業名

～リハビリテーション用自転車シミュレータ補助事業～

東洋大学

准教授 高橋良至

平成23年度補助事業 自己評価書

番号	23-166
項番	1/1

補助事業者名	黒崎 茂		
補助事業名	平成23年度(研究補助) ピエゾフィルム利用ひずみ可視化研究補助事業	事業項目名	

1. 社会的課題と補助事業の関係整理

社会的課題 (最終目的)	状況	高齢化したインフラ、特に寿命を迎える橋梁は、2010年代から急増している。このような老朽化した大型構造物の安全性を確保するために、簡易的な非破壊検査手法が要望されている。橋梁他、老朽化した機械構造物の安全確保のため本事業を立ち上げた。
	補助事業で解決・改善を目指す	橋梁は、自動車が通ると動的な繰返し荷重をうける。橋梁の構造部材に生じた「動ひずみ」の大きさを、 piezo の特性を生かした技術で簡易的にわかる。本研究で開発した技術を使い、危険箇所が簡単にわかり補修に着手でき事故を未然に防ぐことができる。



補助事業	目的 (中間目的)	動的繰返し荷重を受けた材料中に生じている動ひずみを簡単に色表示することができれば、材料の負荷状態を知ることができ、安全性確保に役立つことができる。このようなことから piezo フィルムを使って、動ひずみの大きさによって色が変わるフィルムの開発を試みた。
	受益者	非破壊検査従事者、機械構造物保守点検事業者
	実施内容	従来ひずみ測定は、ひずみゲージを使用して定量的に測定するのが主流である。本研究は、ひずみを色で定性的に表示しようと試みた研究である。高分子系 piezo フィルム(ポリフッ化ビニリデン)を被測定物に貼り付けその電圧を増幅して熱に変換する。生じた熱に応じてマイクロカプセルを含んだ感温液晶マイクロカプセルフィルムで色表示することを試みた。実験は、鋼の平板試験片に piezo フィルムを貼付け、繰返し荷重を加える。上記に示した方法でひずみを可視化した結果、色変化を示すことができた。
	結果・成果	定性的にひずみを知りたい場合は、本研究で開発したフィルムを使いひずみ値がわかる。どの程度のひずみが発生しているか、このフィルムを使い知ることができる。ただし現段階では、piezo アンプを使用しなければならない。今後 piezo アンプ無しのフィルムの開発が待たれる。

2. 補助事業の実施状況、結果等を振り返り、補助事業全体を総合的に評価

事業全体の総括的感想	高分子系 piezo フィルムの特性は、入力(力)に対応しての出力(電圧)の線形性が非常に優れている点である。この特性を利用して熱変換を今回行って可視化に結びつけた。熱変換には、やはり piezo アンプが必要であった。piezo アンプ無しで本研究が初期の目標を達成できたならば、実用化は間違いない。熱変換でなく、他の方法を探してみたい。そのためには、時間が必要になる。piezo で発生した表面電位分布を、何らかの方法で表示する技術は、必ずや他にあるはずである。今後は、新たな方法で挑戦する予定である。
今回の事業で、優れていると評価できる点	【実績】 従来橋梁等の構造部材に発生した繰返し動ひずみを、簡単に色で何マイクロストレインとして表示することに成功した点が、今回の事業で優れていると評価できる。さらにこのフィルムを使うことにより欠陥検出が可能であること、応力集中部などのひずみ分布を色で表示することが可能になった点である。 【理由】 従来この種の技術は、無かった。本研究が初めて実現させた技術である。従って、非破壊検査協会のような専門学会で学生が発表することにより、各種の賞を獲得した点からもわかる。
今回の事業の課題、改善すべきと思われる点	【実績】 piezo フィルムの出力電圧が足りないために、ポリイミドフィルムに所定の大きさの熱を発生させることができなかった。そのために、piezo アンプを使用せざるをえなかった。課題として、piezo フィルムの表面電位を直接色表示もしくは、piezo アンプ無しで、なんらかの表示をする必要がある。 【理由】 piezo アンプ無しで、piezo フィルム単独で色変化もしくは他の方法で可視化できないと、計測が簡単化できない。現在熱を使って色表示をしているが、他の方法を模索する必要がある。
事業実施で得ることができた教訓(知識・知見)、その他アピールしたい点	従来に無い、動的な繰返し荷重が作用した時の部材の動ひずみを、piezo フィルムを応用して可視化に成功したのは、高専の学生たちのたゆまない努力の賜である。大学生と同じ土俵で、高専学生が、本研究テーマで学会賞を獲得したことは、高専学生の力が大学生と同等であると考えてよい。高専制度は、日本の教育制度(6+3+3+4)制と異なり(6+3+5)である。専攻科までを含めると(6+3+5+2)である。この種の教育制度下での教育機関で、今回の研究が実を結んだことを、研究代表者として誇りに思いたい。高専生は、ロボコンばかりでなく、このような地味な研究でも実力を発揮できることが証明できたと思う。

リハビリテーション用 自転車シミュレータの 開発

高橋良至

人間環境デザイン学科
東洋大学 ライフデザイン学部

自転車に乗るということ

脳卒中後のリハビリで、「自転車に乗りたい」という要望がある。自転車に乗ることができれば、外に出て社会と関わりを持つことで**日常生活の自立を促し、生活の質を向上**させることができると考えられる。



福井県交通安全協会HPより
(<http://www.fukui-ankyo.jp/active/anbo.html>)

自転車シミュレータの動向

安全運転教育用、自転車の運動解析、高齢者のバランス訓練のためのシミュレータはこれまでに開発されているが、運動機能(バランス、ペダリング等)、認知機能(半側空間無視、問題解決能力)訓練のための、**リハビリテーション用シミュレータは、まだない。**

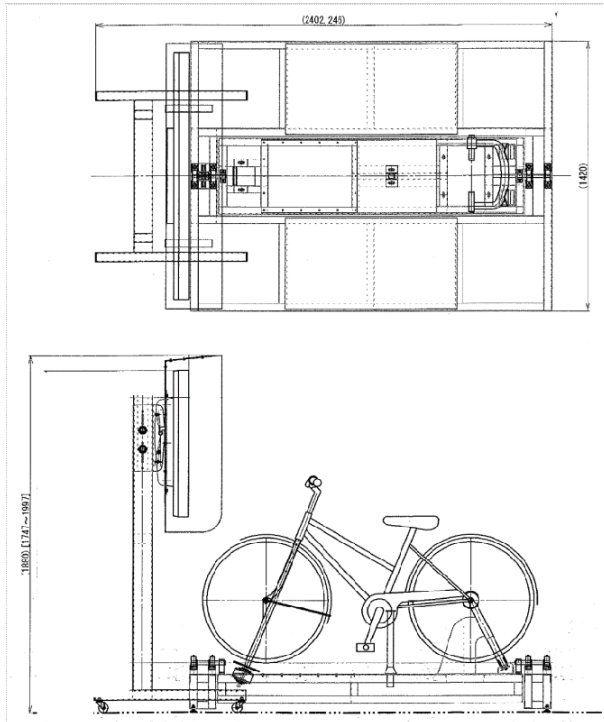


本田技研工業(株)HPより
(<http://www.honda.co.jp/simulator/bicycle/>)

リハビリ用自転車シミュレータの開発

設計要件

- ・ **施設に設置可能な大きさ**、電圧、電力消費量。
- ・ 運転操作、模擬走行可能な **車体及び模擬交通環境**。
- ・ 指導者が容易に操作可能な **インターフェース**。



リハビリ用自転車シミュレータの開発

模擬走行環境

小さな街区をブロックのように組み合わせ、**様々なコース**
を作ることができる。



リハビリ用自転車シミュレータの開発

装置本体と模擬自転車

- ・高さ1.8m × 長さ2.4m × 幅1.4mとし、100Vで動作。
- ・**市販の自転車**を使用し、ハンドル、ペダルの操作量から、車両の位置、方向を算出し、**模擬走行環境内を自由に走行**できる。



リハビリテーション用自転車
シミュレータ外観

評価とまとめ

- ・理学療法士、作業療法士による評価を実施した。その結果、自転車で移動する高齢者や脳血管障害者の訓練や運転可否の判定に有効であるとの意見を得た。
- ・脳血管障害者が安全に自転車の運転訓練を可能とする、リハビリテーション用自転車シミュレータの開発を行った。開発した自転車シミュレータは、単に障害された機能の回復を実現するだけでなく、移動手段を確保することで日常生活の自立を促し、生活の質を向上させることができると考える。